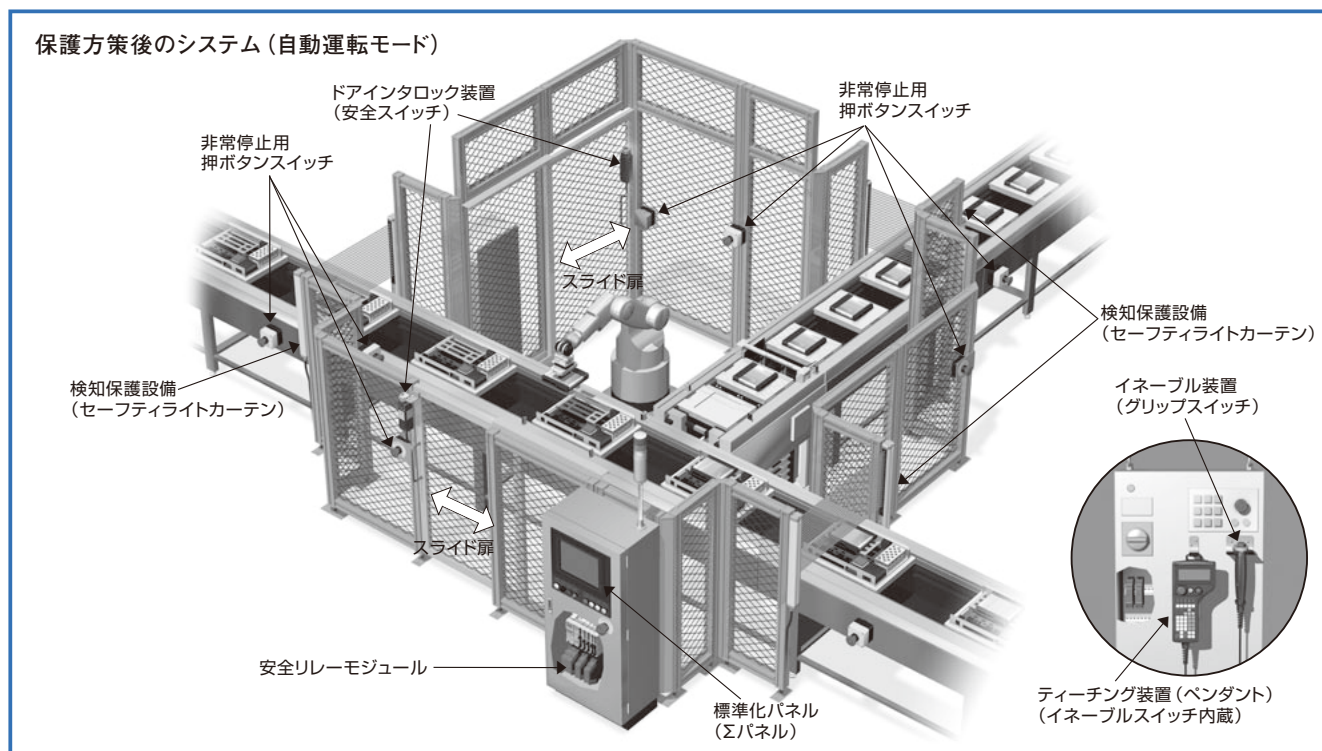
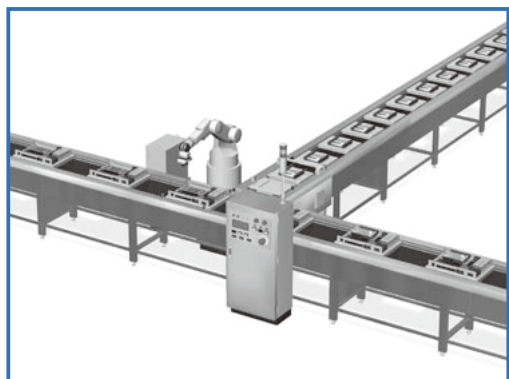
ISO12100(JIS B 9700)の要求に基づいた安全方策例の紹介

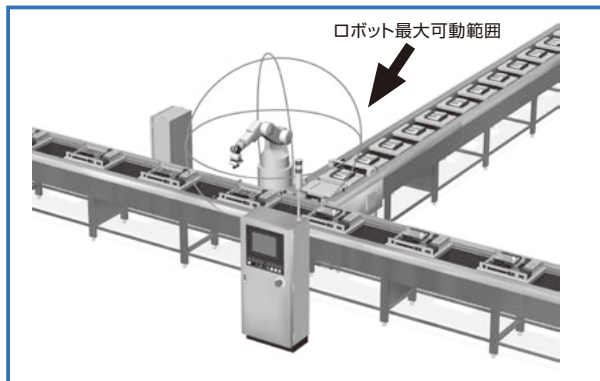
ISO12100では、まず危険源を同定し、各々の危険源が許容可能なリスクとなるまでリスクアセスメントを行うことが要求されています。ここではISO12100に基づくリスクアセスメントの参考例として、ロボットという一つの危険源を例にとって下図のような安全なシステムができ上がるまでの安全方策の具体的な流れを紹介します。

[注：ここでは基本安全規格のISO12100を適用していますが、実際の機械設備の場合、産業用ロボットの規格ISO10218のような個別機械の安全規格が多く存在する場合があります。その場合は各種個別機械の安全規格を適用した上で、リスクアセスメントを行い、設備の妥当性評価を行う必要があります。]

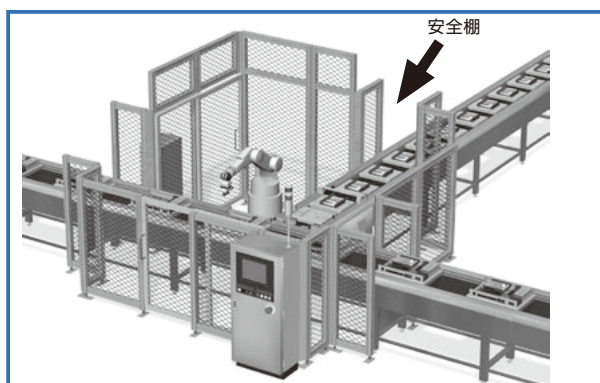
■自動運転モードにおけるリスクアセスメント：保護方策後のシステム

■保護方策前のシステム

初期状態：ロボット最大可動範囲内に制御パネルが設置されている。
制御パネルの位置が低く作業員が腰をかがめた状態で作業する。
ロボットハンド部が鋭利な形状
制御パネルのスイッチ・表示灯の配置・配色が標準化されていない。
危険源　：高速／ハイパワーなプログラム運転のロボット
危険事象：高速動作するロボットと作業員の接触

（注：ここで紹介するものはロボットを危険源と想定したモデルケースです。実際の設備では、危険源となるものはロボットの他多く存在します。全ての危険源に対してリスクアセスメントを行う必要があります）

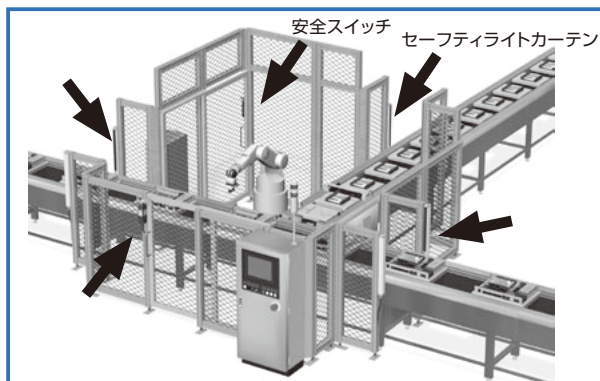
上記のシステム例にリスクアセスメントの考え方に基づいて保護方策を施し、リスク低減を行っていきます。

1.本質的安全設計方策

・ロボットの鋭利な部分を除去する（生産都合上、低速/ローパワーにすることができない）（ISO 12100-2/JIS B 9700;4.2.1）
・制御パネルの配置を標準化する（ISO 12100-2/JIS B 9700-2;4.8.7）
・スイッチ/表示灯の表示色を標準化する。(IEC 60204-1/JIS B 9960-1;10.3.2)
・ロボットの最大可動範囲外に制御パネルを設置する（ISO 12100-2/JIS B 9700;4.2.1）
・制御パネルを作業しやすい高さに変更する。(IEC 60204-1/JIS B 9960-1;10.1.2)

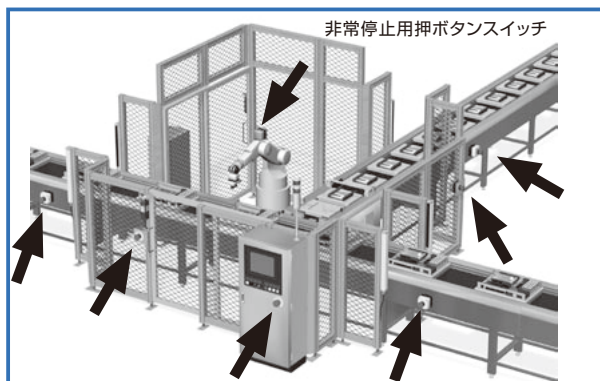
危険源そのものに対して、構造的に対策を行ったが、危険領域に自由にアクセス可能である

2-1.安全防護（隔離）

・ロボットの最大可動範囲外に安全柵を設置する。
安全柵の高さ、金網の隙間は、下記の規格に基づき決定する。
ISO 14120: 機械類の安全性−ガード−固定式及び可動式ガードの設計及び製作のための一般要求事項
ISO 13852/JIS B 9707:機械類の安全性−危険区域に上肢が到達することを防止するための安全距離
ISO 13853/JIS B 9708:機械類の安全性−危険区域に下肢が到達することを防止するための安全距離
ISO 13854/JIS B 9711:機械類の安全性−人体部位が押しつぶされることを回避するための最小すきま
・メンテナンスを考えスライド扉を設置する。
・搬入口は開口部とする。

危険領域を隔離したが、安全柵の開口部やスライド扉から危険源にアクセス可能である

2-2.安全防護（停止）

・スライド扉は、下記規格にもとづき、ドアインタロック装置（安全スイッチ）を取り付ける。
・搬入口の開口部は下記規格にもとづき、検知保護装置（セーフティライトカーテン）を取り付ける。
ISO 14119:機械の安全性−ガードと連動するインタロック装置−設計及び選択の原則
IEC 61496-1/JIS B 9704-1:機械の安全性−電気的検知保護設備−第1部:一般要求事項および試験

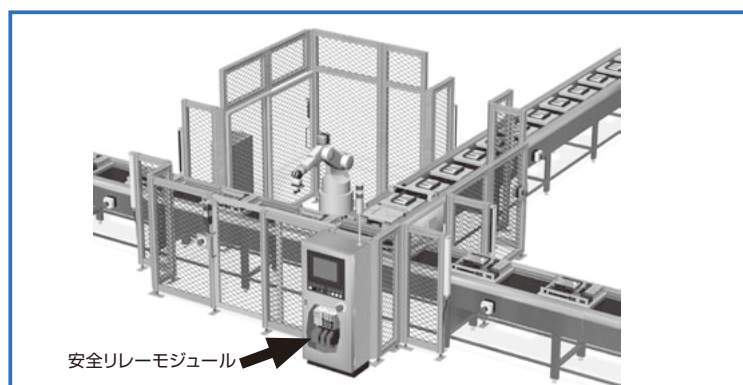
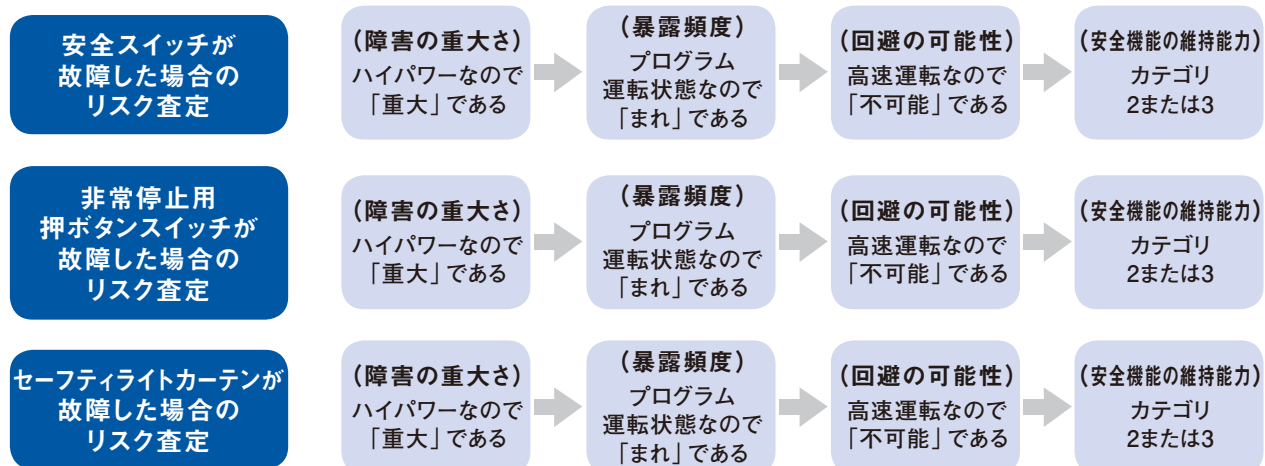
危険区域を隔離し、また危険区域侵入時にロボットが停止するようにインタロック装置や検知保護設備を取り付けたが、非常時に作業員の意識的動作でロボットを停止させる装置がない。

3.付加保護方策

・作業位置近傍に非常停止装置の設置（IEC 60204-1/JIS B 9960-1;10.7.1）
安全柵の各面に非常停止用押ボタンスイッチを設置する。

各種安全機器を取り付けたが、安全機器による制御が異常となった場合、危険状態となってしまう恐れがある。リスクアセスメントの結果に基づき、リスクに応じた安全機能の維持能力のレベルを選定して安全システムを構築する必要がある

4.安全機能の維持能力のレベルの選定および安全システム構築〔「カテゴリの選択手順」(46頁)参照〕

安全機器が故障した場合のリスクを査定しそのリスクに応じた安全機能の維持能力のレベル(カテゴリ)を選定し安全システムを構築する。

安全スイッチが故障した場合のリスク査定	(障害の重大さ) ハイパワーなので「重大」である	(暴露頻度) プログラム運転状態なので「まれ」である	(回避の可能性) 高速運転なので「不可能」である	(安全機能の維持能力) カテゴリ2または3
非常停止用押ボタンスイッチが故障した場合のリスク査定	(障害の重大さ) ハイパワーなので「重大」である	(暴露頻度) プログラム運転状態なので「まれ」である	(回避の可能性) 高速運転なので「不可能」である	(安全機能の維持能力) カテゴリ2または3
セーフティライトカーテンが故障した場合のリスク査定	(障害の重大さ) ハイパワーなので「重大」である	(暴露頻度) プログラム運転状態なので「まれ」である	(回避の可能性) 高速運転なので「不可能」である	(安全機能の維持能力) カテゴリ2または3

・リスク査定によって選択された、カテゴリ2または3の安全システムを安全リレーモジュール等を使用して構築する。

許容可能なリスクまで低減できたが、リスクは残っている(残留リスク)

5.使用上の情報

残留リスクの表示を取扱説明書、危険表示、警告装置などで行う。

■ティーチングモードにおけるリスクアセスメント

安全対策後のシステム（ティーチングモード）

初期状態：自動運転モードにおける安全対策が完了している。ティーチングモードでロボットは低速運転モードとなる。
危険源　：ティーチング作業中に低速／ハイパワーで動作するロボット
危険事象：安全柵内で作業する人員と低速動作しているロボットの接触

1.本質的安全設計方策

・ロボットの鋭利な部分を除去する
・ティーチングペンダント使用時は自動運転モードを不能にする。（IEC60204-1/JIS B 9960-1;9.2.3）
たとえば、鍵付きスイッチを使用したモード切替や、アクセスコード方式など。選択したモードを明示することが必要（セレクタの位置、表示器、表示灯など）。

・作業者が安全を確認した場合のみイネーブルスイッチによって運転可能、危険事象遭遇時には、動力遮断する。ティーチングペンダント使用者はペンダント付属のイネーブルスイッチを使用し、ティーチングペンダント使用者以外は、グリップ形イネーブルスイッチを使用する。

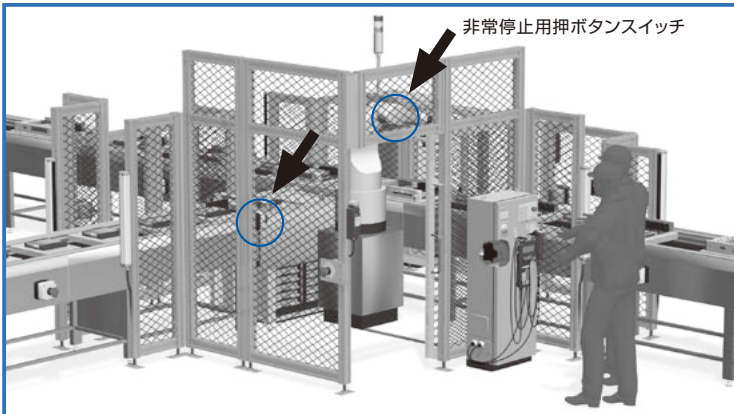
例1）keyインタロック付き安全スイッチを使用したモード切替

安全スイッチのキーを抜き危険区域内に設置されたキーボックスにキーを差し込みティーチングモードに切り替えます。
安全スイッチにキーを戻さないかぎり自動運転モードとならないようにシステムを構成します。

例2）グリップ形イネーブルスイッチと安全スイッチを組み合わせたモード切替

グリップ形イネーブルスイッチと安全スイッチを組合わせたモード切替例です。
グリップ形イネーブルスイッチを安全スイッチに接続しないかぎり自動運転モードとならないようにシステムを構成します。

イネーブルスイッチによって、危険事象遭遇時には、動力遮断できるが、非常時に作業員が本人の判断でロボットを停止させる装置がない。

3.付加保護方策

・作業位置近傍に非常停止装置の設置（IEC 60204-1/JIS B 9960-1;10.7.1）
ティーチングペンダントへ非常停止用押ボタンスイッチを取付ける。
安全柵内部の各面に非常停止用押ボタンスイッチを取付ける。

安全機器を取り付けたが、安全機器が故障した場合、危険状態となってしまう。安全機能の維持能力のレベルの選定をして安全システムを構築する必要がある

4.安全機能の維持能力のレベルの選定（カテゴリの選定）〔「カテゴリの選択手順」（46頁）参照〕

安全機器が故障した場合のリスクを査定しそのリスクに応じた安全機能の維持能力のレベル（カテゴリ）を選定し安全システムを構築する。

リスク査定	（障害の重大さ）	（暴露頻度）	（回避の可能性）	（安全機能の維持能力）
イネーブルスイッチが故障した場合のリスク査定	ハイパワーなので「重大」である	ロボット近隣の作業なので「頻繁」である	低速運転なので「可能」である	カテゴリ3
非常停止用押ボタンスイッチが故障した場合のリスク査定	ハイパワーなので「重大」である	ロボット近隣の作業なので「頻繁」である	低速運転なので「可能」である	カテゴリ3

・リスク査定によって選択された、カテゴリ3の安全システムを安全リレーモジュール等を使用して構築する。

許容可能なリスクまで低減できたが、リスクは残っている（残留リスク）

5.使用上の情報

残留リスクの表示を取扱説明書、危険表示、警告装置など。